

## **TUGAS AKHIR**

# **SIMULASI PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP SYNGAS YANG DIHASILKAN PADA *BUBBLING FLUIDIZED* *BED GASIFIER* MENGGUNAKAN SOFTWARE CPFD BARRACUDA VIRTUAL REACTOR**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

**RAKHA ADI NUGRAHA**

**D 200 160 212**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2020**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:  
**SIMULASI PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP SYNGAS  
YANG DIHASILKAN PADA BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER  
MENGUNAKAN SOFTWARE CPFD BARRACUDA VIRTUAL  
REACTOR**

Yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 1 November 2020

Penulis



Rakha Adi Nugraha

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul “**SIMULASI PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP SYNGAS YANG DIHASILKAN PADA BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER MENGGUNAKAN SOFTWARE CPFD BARRACUDA VIRTUAL REACTOR**” telah disetujui dan diajukan sebagai syarat menyelesaikan program sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Rakha Adi Nugraha

NIM : D 200 160 212

Diterima dan disetujui pada :

Hari : Jumat .....

Tanggal : 13 November 2020

Dosen Pembimbing



Nur Aklis, S.T., M. Eng.

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**SIMULASI PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP SYNGAS YANG DIHASILKAN PADA BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER MENGGUNAKAN SOFTWARE CPFD BARRACUDA VIRTUAL REACTOR**", telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Rakha Adi Nugraha

NIM : D 200 160 212

Disahkan pada :

Hari : Jum'at

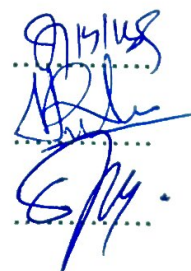
Tanggal : 20 November 2020

Tim Penguji :

Ketua : Nur Aklis, S.T., M.Eng.

Sekretaris : M. Syukron, S.T., M.Eng. Ph.D.

Anggota : Ir. Subroto, M.T.

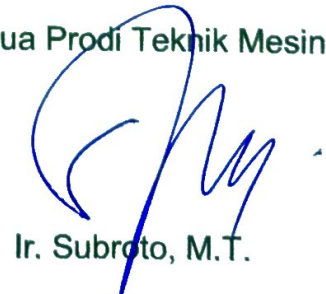


Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Mesin



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM.



Ir. Subroto, M.T.



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Jl. A.Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

**LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR**

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 029/II/2020 tanggal 20 Februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Nur Aklis, S.T., M.Eng.  
Pangkat/Jabatan : Lektor  
Kedudukan : Pembimbing  
Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :  
Nama : Rakha Adi Nugraha  
Nomor Induk : D200160212  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 9  
Judul/Topik : Simulasi Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Syngas Yang Dihasilkan Pada *Bubbling Fluidized Bed Gasifier* Menggunakan Software CPFD Barracuda Virtual Reactor

Rincian Soal/Tugas : Meneliti pengaruh kecepatan udara terhadap komposisi syngas, distribusi temperature *gasifier*, distribusi konsentrasi gas pada *Bubbling Fluidized Bed Gasifier* Menggunakan Software CPFD Barracuda Virtual Reactor

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 28 Februari 2020

Pembimbing

Nur Aklis, S.T., M.Eng.

**Keterangan:**

Dibuat rangkap 3 (tiga)

1. Untuk Kajur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

## **MOTTO**

Sebarkanlah kebermanfaatan bagi orang lain, dan sesungguhnya di saat itulah engkau merasa hidup.

## **PERSEMBAHAN**

Dipersembahkan untuk keluarga kecil tercinta.

— Bapak, Ibu, Kakak, dan Adik —



# **SIMULASI PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP SYNGAS YANG DIHASILKAN PADA *BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER* MENGGUNAKAN *SOFTWARE* CPFD BARRACUDA VIRTUAL REACTOR**

Rakha Adi Nugraha<sup>1</sup>, Nur Aklis<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Surakarta, Indonesia, 57102

E-mail: <sup>1</sup>[rakhaadi41@gmail.com](mailto:rakhaadi41@gmail.com), <sup>2</sup>[nur.aklis@ums.ac.id](mailto:nur.aklis@ums.ac.id)

## **Abstrak**

Gasifikasi adalah proses konversi termokimia dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas dengan oksigen terbatas untuk pembakaran stoikiometrik. Gas yang dihasilkan berupa karbon monoksida, hidrogen, karbon dioksida, metana, dan partikulat kecil seperti arang, abu, tar. *Fluidized Bed Gasifier* adalah salah satu teknologi gasifikasi dengan media fluidisasi berupa udara dan material unggun berupa pasir silika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap komposisi *syngas* yang dihasilkan. Metode penelitian dilakukan dengan simulasi CPFD menggunakan *software* Barracuda Virtual Reactor 17.1. Desain model reaktor tipe *bubbling fluidized bed* dengan diameter 400 mm dan tinggi 3800 mm. Bahan bakar yang digunakan adalah pelet kayu berukuran 7-8 mm. Material *bed* menggunakan pasir silika berukuran 100–300  $\mu\text{m}$ . Penelitian ini menggunakan 3 variasi kecepatan udara yaitu 0,07 m/s, 0,08 m/s, dan 0,09 m/s. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai kecepatan udara dapat menurunkan komposisi *syngas* yang dihasilkan. Nilai kecepatan udara 0,07 m/s menghasilkan komposisi *syngas* yang tinggi, sedangkan nilai kecepatan udara 0,09 m/s menghasilkan komposisi *syngas* yang rendah.

**Kata Kunci:** gasifikasi, simulasi, kecepatan udara, *syngas*.



# **SIMULATION OF THE EFFECT OF AIR VELOCITY ON SYNGAS GENERATED IN BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER USING CPFD BARRACUDA VIRTUAL REACTOR SOFTWARE**

Rakha Adi Nugraha<sup>1</sup>, Nur Aklis<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Mechanical Engineering, Muhammadiyah University of  
Surakarta

Jl. Ahmad Yani Surakarta, Indonesia, 57102

E-mail: <sup>1</sup>[rakhaadi41@gmail.com](mailto:rakhaadi41@gmail.com), <sup>2</sup>[nur.aklis@ums.ac.id](mailto:nur.aklis@ums.ac.id)

## **Abstract**

Gasification is a thermochemical conversion process of solid fuels into a gaseous fuel in the presence of a quantity of limited oxygen for stoichiometric combustion. The gas produced is carbon monoxide, hydrogen, carbon dioxide, methane, and small particulates such as charcoal, ash, tar. Fluidized Bed Gasifier is one of gasification technology with a fluidized medium in form of air and a bed material in form of silica sand. The purpose of this research is to determine the effect of air velocity on syngas compositions produced. The research method is conducted by simulation on CPFD using Barracuda Virtual Reactor 17.1 software. The design of a fluidized bed bubbling type reactor model with a diameter of 400 mm and a height of 3800 mm. The fuel used wood pellets sized 7-8 mm. The bed material used silica sand-sized 100–300  $\mu\text{m}$ . This research uses 3 variations of air velocity 0.07 m/s, 0.08 m/s, and 0.09 m/s. The result of this research has proven that an increase in air velocity could decrease the syngas compositions produced. The air velocity of 0.07 m/s produces high syngas compositions, while an air velocity of 0.09 m/s produces low syngas compositions.

**Keywords:** gasification, simulation, air velocity, syngas

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Alhamdulillah rabbil 'alamin, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul “**SIMULASI PENGARUH KECEPATAN UDARA TERHADAP SYNGAS YANG DIHASILKAN PADA *BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER* MENGGUNAKAN *SOFTWARE CPFD BARRACUDA VIRTUAL REACTOR***” dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak maka sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Subroto, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Nur Aklis, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan, arahan tanpa pamrih.
5. Bapak Nurmuntaha Agung Nugraha, S.T., Pg. Dip., , selaku Dosen Pembimbing Akademik atas segala bimbingan dan nasihat yang telah diberikan selama ada di bangku kuliah.

6. Jajaran staf dan dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang diberikan selama penulis menempuh studi perkuliahan.
7. Muh. Maulana Kurniawan, Agus Arif S, dan Ghea Wahyu P, rekan satu proyek Tugas Akhir yang juga menjadi teman suka-duka, berkeluh kesah, serta tempat diskusi terbaik.
8. Teman-teman tim riset UGM yang memberikan dorongan dan pengetahuan lebih tentang penelitian ini.
9. Teman-teman Prodi Teknik Mesin Angkatan 2016 yang tidak bisa saya sebut satu persatu.
10. Teman kelas F terutama tim "Sukses Kuliah" yang sudah menemani perjalanan kuliah selama 4 tahun ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT juga memberikan kelancaran dan kemudahan atas segala urusan kepada mereka semua. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis memohon maaf serta mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun agar tercipta tulisan yang lebih baik. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Surakarta, 1 November 2020



Rakha Adi Nugraha

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
LEMBAR MOTTO .....	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3

<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Biomassa .....	6
2.2.2 Gasifikasi .....	7
2.2.3 <i>Fluidized Bed Gasifier</i> .....	11
2.2.4 <i>Bubbling Fluidized Bed Gasifier</i> .....	14
2.2.5 Klasifikasi Partikel .....	15
2.2.6 <i>Computational Particle Fluid Dynamic</i> .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Langkah Penelitian.....	18
3.2 Alat Penelitian dan Desain Reaktor .....	37
3.2.1 Alat Penelitian.....	37
3.2.2 Desain Reaktor .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>39</b>
4.1 Kecepatan Minimum Fluidisasi ( $U_{mf}$ ) .....	39
4.2 Karakteristik Hidrodinamika <i>Bed</i> .....	40
4.3 Distribusi Temperature <i>Gasifier</i> .....	44
4.4 Karakteristik <i>Syngas</i> .....	45
4.4.1 Komposisi <i>Syngas</i> .....	45
4.4.2 Distribusi Konsentrasi <i>Syngas</i> .....	48
4.4.3 LHV <i>Syngas</i> .....	51

4.4.4 Perbandingan Komposisi Syngas Metode Ekperimen dengan Simulasi.....	52
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Partikel Terfluidisasikan Oleh Udara .....	12
Gambar 2.2 Skema Rezim Fluidisasi .....	12
Gambar 2.3 Klasifikasi Partikel .....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Desain Reaktor <i>Gasifier</i> .....	19
Gambar 3.3 Hasil <i>Grid</i> pada Barracuda VR .....	20
Gambar 3.4 <i>Setup Global Settings</i> .....	20
Gambar 3.5 <i>Setup Base Materials</i> .....	21
Gambar 3.6 <i>Drag Model</i> Partikel .....	21
Gambar 3.7 Fraksi Mol Biomassa .....	24
Gambar 3.8 <i>Setup</i> Ukuran Partikel dan Biomassa.....	25
Gambar 3.9 <i>Setup Initial Condition</i> pada <i>Fluid Ics</i> .....	25
Gambar 3.10 <i>Setup Initial Condition</i> pada <i>Particle Ics</i> .....	26
Gambar 3.11 <i>Setup Boundary Condition</i> pada <i>Pressure BCs</i> .....	26
Gambar 3.12 <i>Setup Boundary Condition</i> pada <i>Flow BCs</i> .....	27
Gambar 3.13 <i>Setup Mass Flow Rate Screwfeeder</i> Biomassa.....	27
Gambar 3.14 <i>Setup</i> Kecepatan Minimum Fluidisasi .....	28
Gambar 3.15 <i>Setup</i> Kecepatan Udara Fluidisasi .....	29
Gambar 3.16 <i>Setup Rate Coefficient</i> .....	30
Gambar 3.17 <i>Setup Reactions</i> .....	30
Gambar 3.18 <i>Setup Time Controls</i> .....	31



Gambar 3.19 <i>Setup Flux Planes</i> .....	32
Gambar 3.20 Hasil <i>Setup Flux Planes</i> .....	32
Gambar 3.21 <i>Setup General Mesh View (GMV)</i> .....	33
Gambar 3.22 <i>Setup Transient Point</i> .....	33
Gambar 3.23 Hasil <i>Setup Transient Point</i> .....	34
Gambar 3.24 <i>Running 1 Step</i> .....	34
Gambar 3.25 Hasil <i>Running 1 Step</i> .....	35
Gambar 3.26 <i>Running Total</i> .....	36
Gambar 3.27 <i>Post Processing dan Analisis</i> .....	36
Gambar 3.28 Dimensi Desain Reaktor <i>Gasifier</i> .....	38
Gambar 4.1 <i>Setup</i> Kecepatan Minimum Fluidisasi Barracuda VR .....	40
Gambar 4.2 Fenomena Terbentuknya <i>Bubble</i> .....	40
Gambar 4.3 Hidrodinamika <i>Bed</i> Terhadap Variasi Kecepatan Udara ...	43
Gambar 4.4 Distribusi Temperatur <i>Gasifier</i> Terhadap Variasi Variasi Kecepatan Udara.....	44
Gambar 4.5 Komposisi <i>Syngas</i> Terhadap Variasi Kecepatan Udara ....	46
Gambar 4.6 Diagram Perbandingan Komposisi <i>Syngas</i> Terhadap Variasi Kecepatan Udara.....	48
Gambar 4.7 Distribusi Konsentrasi Gas $H_2$ Terhadap Variasi Kecepatan Udara .....	49

Gambar 4.8 Distribusi Konsentrasi Gas CO Terhadap Variasi	
Kecepatan Udara .....	50
Gambar 4.9 Distribusi Konsentrasi Gas CH <sub>4</sub> Terhadap Variasi	
Kecepatan Udara .....	50
Gambar 4.10 Distribusi Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> Terhadap Variasi	
Kecepatan Udara .....	51
Gambar 4.11 Diagram Perbandingan LHV <i>Syngas</i> Terhadap Variasi	
Kecepatan Udara .....	52
Gambar 4.12 Diagram Perbandingan Komposisi <i>Syngas</i> Metode	
Ekperimen dengan Simulasi .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kandungan <i>Ultimate</i> dan <i>Proximate Wood Pellet</i> .....	22
Tabel 3.2 Kondisi Eksperimen .....	28
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> yang Digunakan.....	37

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

### NOTASI

Ar	: Bilangan Archimedes
dp	: Diameter partikel, m
g	: Percepatan gravitasi, $\text{m/s}^2$
$\dot{m}$	: Laju aliran massa, $\text{kg/s}$
m	: Massa, kg
Mr	: Massa relatif atom, $\text{kg/kmol}$
n	: Jumlah mol awal, mol
Re	: Bilangan Reynold
Remf	: Bilangan Reynold pada kecepatan minimum fluidisasi
rp	: Radius partikel, m
t	: Waktu, s
Umf	: Kecepatan minimum fluidisasi, $\text{m/s}$
$\rho_g$	: Massa jenis gas, $\text{kg/m}^3$
$\rho_p$	: Massa jenis partikel, $\text{kg/m}^3$
$\mu$	: Viskositas gas, $\text{Pa.s}$

### SINGKATAN

AFR	: Air-Fuel Ratio
-----	------------------

BFB : Bubbling Fluidized Bed

CFB : Circulating Fluidized Bed

CFD : Computational Fluid Dynamic

CPU : Central Processing Unit

CPFD : Computational Particle Fluid Dynamic

DFB : Dual Fluidized Bed

ER : Equivalence Ratio

GMV : General Mesh View

GPU : Graphics Processing Unit

VGA : Video Graphics Array

VR : Virtual Reactor

MP-PIC : Multi Phase-Particle In Cell